Journal of Horticultural Science
https:// jhs.um.ac.ir

Research Article
Vol. 36, No. 2, Summer 2022, p. 489-503

Study Application Effect of Impermeable Soil Layer and Date Palm Leaf Mulch on Some MorphoPhysiological and Biochemical Traits of Eggplant (*Solanum melongena* L.) under Low Irrigation Stress

M. Amiri Rodan[1], M.R. Hassandokht[2*], D. Sadeghzadeh-Ahari[3], A. Mousavi[4]

Received: 16-09-2021 Revised: 11-10-2021 Accepted: 09-12-2021 Available Online: 21-08-2022	**How to cite this article:** Amiri Rodan M., Hassandokht M.R., Sadeghzadeh-Ahari D., and Mousavi A. 2022. Study Application Effect of Impermeable Soil Layer and Date Palm Leaf Mulch on Some MorphoPhysiological and Biochemical Traits of Eggplant (*Solanum melongena* L.) under Low Irrigation Stress. Journal of Horticultural Science 36(2): 489-503. (In Persian with English abstract) **DOI**: 10.22067/JHS.2021.72001.1084

Introduction

The use of natural and artificial mulches to reduce evaporation from the soil surface and retain moisture is one of the best measures to make optimal use of limited water resources and increase crop yields. Optimal production of plants in sandy soils has been challenged due to their low capacity in water retention and also production of plants in arid and semi-arid regions due to water shortage and drought stress. Water scarcity is increasing as a result of global warming, and attention is being paid to the methods that lead to water storage. Therefore, it is necessary to increase water consumption efficiency with new technologies. One of the new methods of water retention in the root zone is the use of a water retaining layer below the soil surface. By preserving water and elements in the root zone and creating a stable environmental state, it increases local production and economy by reducing soil erosion and groundwater pollution. Also, due to limited water resources, it is necessary to seek solutions to conserve water and increase water use efficiency. Mulch is considered as one of the best ways to retain water in the soil and reduce soil evaporation. Therefore, in this study, the application of impermeable soil layer on morphophysiological and biochemical traits of eggplant (*Solanum melongena* L.) was investigated using date leaf mulch under deficit irrigation stress.

Materials and Methods

This study was conducted in Roudan, Hormozgan, Iran. Main plot includes deficit irrigation stress in three levels (100, 70,40 % of plant water requirement), sub-plot includes mulch in two levels (date leaves and no mulch) and sub-sub-plot includes impermeable layer in three levels (0, 100, 120 cm). Eggplant seeds of the local variety Rudan were planted in the seedling tray and transplanted when the seedlings were about 15 cm long or 5-6 leaf stage. Shortly after transplanting the seedlings to the field, daily irrigation was performed. CROPWAT software was used to calculate 100 % of the water requirement. Stress was applied using drippers with lower flow rate or reduced irrigation hours and by installing water meters.

Results and Discussion

The results showed that the highest plant height (78 cm) belonged to date palm mulch, layer impermeable at depth of 120 cm and 100% water requirement. The use of date palm mulch and impermeable layer, especially

---

1- Ph.D. Student, Department of Horticultural Science and Agronomy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2- Professor, Department of Horticultural Science, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
(*- Corresponding Author Email: mrhassan@ut.ac.ir)
3- Associate Professor, Dryland Agricultural Research Institute (DARI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Maragheh, Iran
4- Associate Professor, National Institute of Genetic Engineering and Biotechnology, Tehran, Iran

the impermeable layer, has led to an increase in the number of leaves and fruits in the eggplant. The highest number of leaves (189) belonged to the treatment without mulch and with an impermeable layer of 120 cm soil depth in 100 % water requirement and the lowest (75.13) belonged to the treatment without mulch and impermeable layer in 40 % water requirement. The highest number of fruits belonged to the treatment without mulch and impermeable layer at depth of 120 cm and 100 % water requirement and the highest amount of dry matter (12.5%) belonged to the treatment of date palm mulch and impermeable layer at depth of 120 cm and 100 % water requirement and the lowest (1/9%) belonged to date palm mulch without impermeable layer and 70% water requirement. The results showed deficit irrigation stress reduced the amount of chlorophyll a, b and total in eggplant. The use of date palm mulch and impermeable layer in water requirement of 70 and 40 % has increased the amount of chlorophyll, which seems to be used in case of water shortage, reduce the adverse effects of dehydration and prevent the destruction of chlorophyll in eggplant. The highest amount of total chlorophyll belonged to the 100 % water requirement, without the use of date palm mulch and impermeable at depth of layer 120 cm. The highest amount of proline in this study belonged to treatment without date palm mulch, application of impermeable layer at depth of 0 cm and water requirement of 40 % and the lowest belonged to the treatment of date palm mulch, application of impermeable layer at depth of 120 cm and 100 % water requirement. The highest amount of eggplant water use efficiency was obtained in 40 % water requirement, use of date palm mulch and impermeable layer at depth of 120 cm. The results of this study also showed that deficit irrigation stress reduced fruit yield in eggplant and the use of date palm mulch and impermeable layer also increased eggplant yield. This increase in fruit yield is especially noticeable in the use of date palm mulch and impermeable layer at depth of 120 cm.

Conclusion

It seems that the impermeable layer and date palm mulch have reduced the negative effects of water stress on the plant, increased fruit yield and water use efficiency and reduced the effects of stress.

Keywords: Mulch, Water use efficiency, Water requirement, Yield

نشریه علوم باغبانی
https:// jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۶، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۱، ص ۵۰۳-۴۸۹

مطالعه اثر کاربرد لایه نفوذناپذیر خاک و خاکپوش برگ خرما بر برخی صفات مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی بادمجان (*Solanum melongena* L.) در شرایط تنش کم‌آبیاری

مجید امیری رودان[۱]- محمدرضا حسندخت[۲]*- داود صادق زاده اهری[۳]- امیر موسوی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۱۸

چکیده

استفاده از خاکپوش‌های طبیعی و مصنوعی جهت کاهش تبخیر از سطح خاک و حفظ رطوبت یکی از بهترین اقـدامات در جهـت اسـتفاده بهینـه از منابع محدود آب و افزایش عملکرد گیاهان می‌باشد. به‌منظور مطالعه کاربرد لایه نفوذناپذیر خاک بر صفات مورفوفیزیولوژیکی و بیوشـیمیایی بادمجـان (*Solanum melongena* L.) با استفاده از خاکپوش برگ خرما در شرایط تنش کم‌آبی آزمایشی در منطقه رودان استان هرمزگان انجام شد. تیمارهـا شامل تنش کم آبی در سه سطح (۴۰، ۷۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه)، خاکپوش در دو سطح (برگ خرما و عدم خاکپوش) و لایـه نفوذناپـذیر از جـنس پلاستیک در سه عمق (صفر، ۱۰۰ و ۱۲۰ سانتی‌متر) در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد بیشترین تعداد میوه در بوته (۱۳ میوه) متعلق بـه تیمـار بـدون خاکپوش و لایه ۱۲۰ سانتی‌متری نفوذناپذیر و نیاز آبی ۱۰۰ درصد بود. کاربرد خاکپوش برگ خرما و لایه نفوذناپذیر در عمق ۱۲۰ سانتی‌متری و نیاز آبی ۷۰ و ۴۰ درصد موجب افزایش میزان کلروفیل شد. بیش‌ترین میزان کلروفیل کل (۱/۸۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) متعلق به تیمار نیاز آبی ۴۰ درصد بـا استفاده از خاکپوش برگ خرما و لایه نفوذناپذیر۱۲۰ سانتی‌متری بود. بیشترین میزان پرولین متعلق به عـدم اسـتفاده از خـاکپوش خرمـا، کـاربرد لایـه نفوذناپذیر در عمق صفر سانتی‌متری و نیاز آبی ۴۰ درصد و کمترین آن متعلق به تیمار خـاکپوش بـرگ خرمـا، کـاربرد لایـه نفوذناپـذیر در عمـق ۱۲۰ سانتی‌متری و نیاز آبی ۱۰۰ درصد بود. بیشترین کارایی مصرف آب در تیمار نیاز آبی ۴۰ درصد، استفاده از خاکپوش برگ خرما و لایه نفوذناپذیر در عمق ۱۲۰ سانتی‌متری به‌دست آمد. افزایش ۱۲ درصدی عملکرد میوه در استفاده از خاکپوش برگ خرما و لایه نفوذناپذیر عمق ۱۲۰ سانتی‌متـری زمـین بـه دست آمد. به نظر می‌رسد، لایه نفوذناپذیر و خاکپوش برگ خرما با کاهش اثرات منفی تنش آبی بر گیاه، باعث افزایش عملکرد میوه و کـاراَیی مصـرف آب شد. در نهایت می‌توان استفاده از خاکپوش برگ خرما و لایه نفوذناپذیر در عمق ۱۲۰ سانتی‌متری را برای مزارع بادمجان در مقابله با تنش خشـکی توصیه کرد.

واژه‌های کلیدی: خاکپوش، عملکرد، کارایی مصرف آب، نیاز آبی

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم باغبانی و زراعت، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۲- استاد، گروه علوم باغبانی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: mrhassan@ut.ac.ir)
۳- دانشیار، موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران
۴- دانشیار، پژوهشگاه ملی مهندسی ژنتیک و زیست فناوری، تهران، ایران

DOI: 10.22067/JHS.2021.72001.1084

مقدمه

با وجود پیشرفت تکنولوژی و علوم در قرن حاضر، جهان در وضعیت ناپایدار از نظر تولید مواد غذایی قرار گرفته و علی‌رغم تحول و توسعه کشاورزی، همچنان گرسنگی انسان‌های بی‌شماری را در معرض تهدید قرار داده است. عرضه غذا در سال‌های اخیر هر چند روند افزایشی داشته، ولی متناسب با افزایش تقاضا نبوده است. یکی از عوامل موثر بر آهنگ کند عرضه، تغییرات اقلیمی و پدیده گرم شدن کره زمین است که مناطق خشک و نیمه‌خشک را با کاهش بارندگی و خشکسالی‌های مداوم رو به رو کرده است و سبب گردیده تا نواحی تحت تاثیر تنش خشکی افزایش چشم‌گیری داشته باشد. در حال حاضر حدود یک سوم زمین‌های زراعی دنیا با کمبود آب مواجه هستند که انتظار می‌رود تا سال ۲۰۲۵ به حدود دوسوم برسد (Xoconstle- Cazares *et al*., 2010).

ایران جزو مناطق کم‌باران جهان بشمار می‌آید و میانگین بارش آن یک‌سوم متوسط جهانی است و براساس پیش‌بینی بلندمدت وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی جمعیت ایران در سال ۱۴۰۰ به حدود ۹۲ میلیون نفر خواهد رسید که با عنایت به این چالش تولید غذا برای این جمعیت در حال رشد برنامه‌ریزی جامع در جهت افزایش بهره وری از منابع آب و خاک را طلب می‌نماید و از طرفی وقوع خشکسالی‌های مداوم سال‌های اخیر که پهنه عظیمی از کشور را تحت تأثیر قرار داده، زنگ خطر مکرری را برای تولیدات کشاورزی و ثبات تولید به صدا درآورده است. بنابراین لزوم توجه بیش از پیش به راهکارهای پایدار در تمام زمینه‌های تحقیقاتی و عملیاتی برای کاهش اثرات این عامل طبیعی را گوشزد می‌نماید (Vitkauskaite and Venskaityte, 2011). تغییر شیوه کشت و مدیریت مزرعه می‌تواند راهکار مناسبی برای مقابله با اثرات خشکی و کمبود آب باشد.

تکنیک استفاده ار خاکپوش یکی از راه‌های مقابله با اثرات کمبود آب می‌باشد. کلمه خاکپوش احتمالا از کلمه آلمانی "Molsch" مشتق شده است و به معنای موادی است که به‌راحتی می‌پوسند و ظاهراً به استفاده از کاه و کلش و برگ‌هایی که توسط کشاورزان در سطح مزرعه پخش می‌شدند، اطلاق می‌شود. خاکپوش ها به دلایل مختلفی در کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرند، اما حفظ و نگهداری بیشتر آب و کنترل فرسایش خاک مهم‌ترین اهداف استفاده از این مواد در نواحی خشک و نیمه‌خشک است (Bhardwaj, 2013).

از سویی محققان سعی کردند تا با استفاده از فناوری های جدید آب را در ناحیه ریشه حفظ و باعث افزایش مقدار آب قابل دسترس گیاه و کارایی مصرف آب و کاهش تنش ناشی از کمبود آب گیاه در مناطق خشک و نیمه‌خشک شوند (Demirel and Kavdir, 2012). یکی از روش‌های جدید نگهداری آب در ناحیه ریشه استفاده از لایه نگهدارنده آب در زیر سطح خاک می‌باشد، که با نگهداری آب و عناصر در ناحیه ریشه و ایجاد حالت پایدار زیست محیطی، سبب افزایش تولید و عملکرد با کاهش فرسایش خاک و آلودگی آب‌های زیرزمینی می‌شود. در تحقیقی گزارش نمودند که استفاده از لایه‌های پلی‌اتیلنی در عمق خاک برای کاهش هدرروی آب از ناحیه گیاه در شرایط گلخانه‌ای و در کشت ذرت از پتانسیل بالایی برخوردارند (Guber *et al*., 2015). با این وجود لازم است استفاده از این لایه‌ها و تکنیک در گیاهان و اقلیم‌های مختلف بررسی شود. در پژوهشی استفاده از لایه‌های پلاستیکی را در مقایسه با مواد ارگانیک در ناحیه ریشه در بهبود مصرف آب و رشد فلفل مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد استفاده از لایه‌های پلاستیکی، ۱۰۶ درصد بیشتر از مواد ارگانیک سبب بهبود کارایی مصرف آب در این گیاه می‌شود (Al-Rawi *et al*., 2017).

بادمجان (*Solanum melongena* L.) یکی از مهم‌ترین گیاهان خانواده سولاناسه بوده و متوسط عملکرد جهانی آن ۱۷/۵ تن در هکتار و متوسط عملکرد آن در ایران ۲۱/۶ تن در هکتار است (Fita *et al*., 2015). در تحقیقی تحمل به خشکی توده‌های مختلف بادمجان مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج نشان داد توده‌های مورد مطالعه از نظر طول و عرض برگ، ارتفاع بوته و بیوماس خشک با هم تفاوت معنی‌داری داشتند (Fita *et al*., 2015). در تحقیقی در بررسی اثر کم‌آبیاری بر رشد و کارایی مصرف آب در بادمجان تحت محیط-های خشک، پنج سطح آبیاری (۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد براساس ظرفیت زراعی) بررسی شد. نتایج نشان داد که رقم کلاسیک تحت شدیدترین رژیم‌های آبیاری (۲۰ و ۴۰ درصد) منجر به کاهش سطح برگ، محتوای آبی برگ، پتانسیل آبی برگ و عناصر برگ شد (Mohawesh, 2016). پارامترهای بیوشیمیایی نظیر پرولین افزایش و محتوای کلروفیل کاهش یافتند. همچنین وزن میوه و عملکرد کل کاهش یافت. همچنین میزان کلروفیل a، b و کل تحت تنش شدید خشکی در بادمجان، کاهش یافت (Kirnak *et al*., 2001). در پژوهشی گزارش کردند کارایی مصرف آب بادمجان با کاهش نیاز آبی، افزایش یافت و کاربرد خاکپوش پلی‌اتیلنی موجب افزایش کارایی مصرف آب در مقایسه با عدم کاربرد آن در بادمجان گردید (Abdrabbo *et al*., 2017).

با توجه به اهمیت خشکی و کمبود آب، استفاده از تیمارهایی که بتواند اثرات خشکی را کاهش دهد، ضروری به‌نظر می‌رسد لذا هدف این تحقیق ارزیابی اثر لایه نفوذناپذیر در عمق خاک همراه با استفاده از خاکپوش برگ خرما در سطح خاک بر برخی صفات بادمجان تحت تنش کم ابیاری بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال ۱۳۹۶ در شهرستان رودان واقع در استان هرمزگان در اوایل آبان ماه انجام گرفت. این شهرستان در ۲۷ درجه و ۲۷ دقیقه عرض شمالی و ۵۷ درجه و ۱۱ دقیقه طول شرقی واقع شده و ارتفاع آن ازسطح دریا حدود ۱۹۰ متر است. شهرستان رودان دارای اقلیم بسیار گرم و خشک است، به همین دلیل میانگین دمای سالیانه در این شهرستان، بالاترین درجه را در سطح شهرستان‌های استان نشان می‌دهد. به دلیل خشکی هوا، میزان رطوبت نسبی این شهرستان در بین سایر شهرستان‌ها کم‌ترین درصد را داراست. میانگین بارش سالانه در این شهرستان ۲۵۰ میلی‌متر و متوسط دمای آن از ۲۷ تا ۲۸ درجه سانتی‌گراد در تغییر است.

این تحقیق به صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، اجرا شد. کرت اصلی شامل تنش کم آبی در سه سطح (۴۰، ۷۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه)، کرت فرعی خاکپوش در دو سطح (برگ خرما و عدم خاکپوش) و کرت فرعی فرعی لایه نفوذناپذیر در سه سطح (صفر، ۱۰۰ و ۱۲۰ سانتی‌متر) بود. پس از حفر کانال به صورت مکانیکی اقدام به اندازه‌گیری از سطح زمین نموده و در ارتفاع‌های مورد نظر آماده گردید. سپس از یک لایه پلاستیک به ضخامت ۶ میلی‌متر که از کارخانه نیلوفر پلاستیک تهیه شده است به عنوان لایه نفوذناپذیر آب جهت پوشش سراسری بستر کشت که همان قسمت حفر گردیده بود استفاده شد. سپس اقدام به پرکردن کانال با خاک خود منطقه تا سطح زمین و بعد از آن اقدام به کارگذاری برگ درخت خرما به عنوان مالچ گردید. برگ درخت خرما به صورت کامل و ۲ لایه بدون خورد و چیپس کردن بر روی کرت‌ها گذاشته شد و سپس اقدام به کاشت نمونه‌ها گردید. بذرهای بادمجان رقم محلی رودان در سینی نشاء کشت و انتقال نشاها زمانی صورت گرفت که گیاهچه به طول حدود ۱۵ سانتی‌متر و یا مرحله ۵-۶ برگی رسیده بودند. پس از ۳۵-۳۰ روز انتقال نشاء به مزرعه (فاصله ردیف‌های کشت ۷۵ تا ۱۲۰ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها بر روی ردیف ۴۰ تا ۶۰ سانتی‌متر) عمل آبیاری به‌طور روزانه انجام شد. جهت محاسبه ۱۰۰ درصد نیاز آبی از نرم افزار CROPWAT استفاده شد. اعمال تنش با استفاده از کاهش ساعت آبیاری و با نصب کنتورهای آب صورت گرفت.

در پایان آزمایش، زمانی که میوه بادمجان حدوداً به دوسوم اندازه نهایی خود رسید، ارتفاع بوته از محل طوقه تا انتهای ساقه اندازه‌گیری و یادداشت شد. میانگین حاصله به‌عنوان ارتفاع بوته در نظر گرفته شد. تعداد برگ و میوه در ۱۰ بوته شمارش گردیدند. سپس میانگین پنج بوته در محاسبات بکار رفت. وزن کل میوه ۱۰ بوته برداشت شده و پس از توزین میوه‌ها وزن کل میوه‌های به‌دست آمده تقسیم بر تعداد کل میوه ۱۰ بوته شد و عدد به‌دست آمده به‌عنوان متوسط وزن میوه منظور شد.

برای تعیین درصد ماده خشک میوه ۱۰۰ گرم از میوه برش داده شد. سپس نمونه‌های صد گرمی در دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و پس از ۲۴ ساعت توزین شدند و از اختلاف وزن تر و خشک میوه، درصد ماده خشک محاسبه شد.

کارآیی مصرف آب از معادله زیر محاسبه گردید (Farre and Faci, 2006).

$$WUE = GY / Wap$$

که در آن Wap و GY به ترتیب عبارتند از کیلوگرم میوه تولید شده و متر مکعب آب استفاده شده.

برای اندازه‌گیری کلروفیل، زمانی که میوه‌ها به یک‌سوم اندازه نهایی خود رسیدند، ۰/۲ گرم برگ در استون ۸۰ درصد هموژن گردید. پس از سانتریفوژ در ۲۵۰۰ دور بر دقیقه، محلول روئی برداشته و جذب آن در ۶۴۷ و ۶۶۳ نانومتر قرائت شد. سپس توسط فرمول زیر مقادیر کلروفیل محاسبه گردید (Porra *et al*., 1989).

$$Chl.\ a\ (mg.L^{-1}) = (12.25 \times A_{663}) - (2.79 \times A_{647})$$
$$Chl.\ b\ (mg.L^{-1}) = (21.5 \times A_{647}) - (5.1 \times A_{663})$$
$$Chl.\ t\ (mg.L^{-1}) = Chl.\ a + Chl.\ b$$

برای اندازه‌گیری میزان پرولین از روش بتیس (Bates *et al*., 1973) استفاده شد. به این ترتیب که به ۱۰۰ میلی‌گرم از پودر برگ ۱۰ میلی‌لیتر از محلول اسید سولفوسالسیلیک ۳ درصد اضافه شد و پس از ۲۴ ساعت این محلول به مدت ۱۰ دقیقه در ۱۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ گردید. از محلول رویی ۲ میلی‌لیتر برداشته و به آن نین هیدرین به مقدار ۲ میلی‌لیتر اضافه گردید. سپس ۱ میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال اضافه گردید و لوله‌ها بمدت ۱ ساعت در بن ماری آب جوش قرار گرفتند پس از سرد شدن بر روی هر لوله ۴ میلی‌لیتر تولوئن اضافه شد. دو فاز تشکیل گردید فاز بالا برداشته و در طول موج ۵۲۰ نانو متر جذب آن قرائت گردید. مقدار پرولین بر حسب میکرومول بر گرم برگ تازه بیان شد.

نتایج حاصل از اندازه‌گیری صفات و پارامترهای مختلف در قالب طرح کرت‌های دوبار خرد شده به وسیله نرم افزارهای مربوطه مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. ابتدا تجزیه واریانس همه صفات با استفاده از نرم افزار SAS انجام شد و مقایسه میانگین در سطح احتمال ۵ درصد به وسیله آزمون چند دامنه‌ای دانکن با استفاده از نرم‌افزار SAS و MSTAT-C صورت گرفت.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) اثر متقابل لایه نفوذ ناپذیر، خاکپوش و کم آبیاری بر ارتفاع بوته، تعداد برگ، تعداد میوه، درصد ماده خشک میوه، کلروفیل کل، پرولین، کارایی مصرف آب و عملکرد در بادمجان در سطح یک یا پنج درصد معنی‌دار بود.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس اثر لایه نفوذناپذیر و خاکپوش بر برخی صفات بادمجان تحت تنش کم آبیاری
Table 1- ANOVA for the effect of impermeable layer and mulch on some traits of eggplant under deficit irrigation

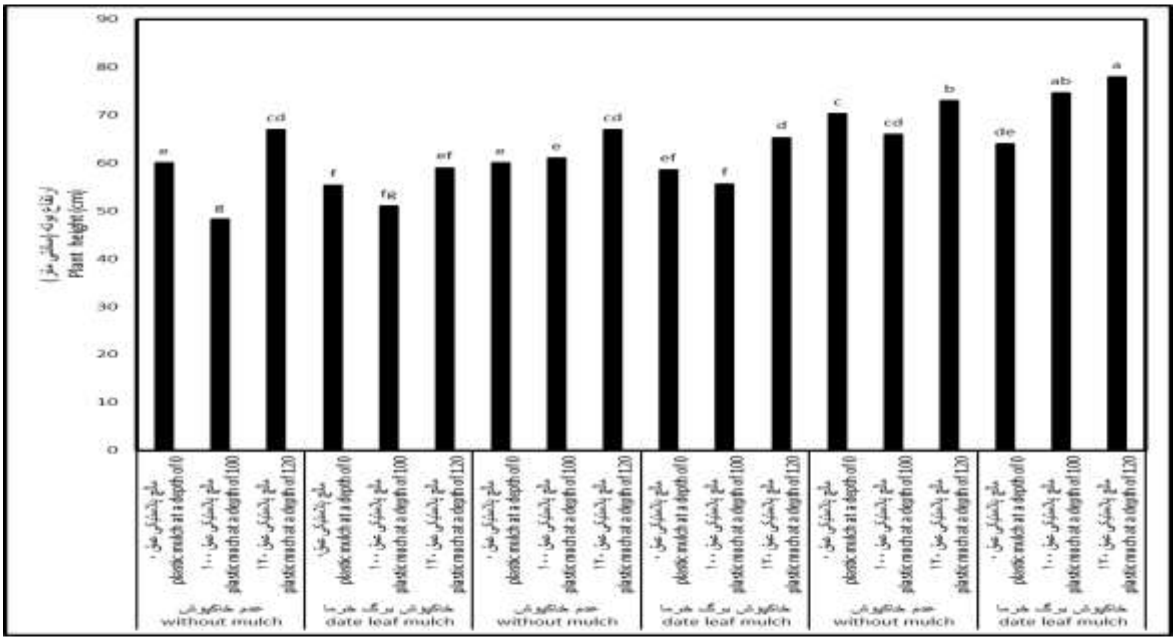
منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی Df	میانگین مربعات Mean squares							
		ارتفاع بوته Plant height	تعداد برگ Leaf number	تعداد میوه Fruit numbr	درصدماده خشک میوه Fruit dry matter	کلروفیل کل Total chlorophyll	پرولین Prolin	کارایی مصرف آب Water use efficiency	عملکرد Yield
تکرار Replication	2	161.8^{ns}	2051.3^{ns}	13.4^{ns}	2.9^{ns}	0.023^{ns}	0.57^{ns}	0.04^{ns}	1610^{ns}
کم ابیاری Dificit irrigation (a)	2	951.3^{**}	425.0^{ns}	3.1^{ns}	5.06^{*}	0.23^{**}	272.7^{**}	0.007^{**}	21738^{**}
$Error_a$	4	73.8	1216.8	6.18	0.62	0.00014	2.58	3٠0.000	470
Mulch (b)خاکپوش	1	244.6^{ns}	2.6^{ns}	0.01^{ns}	0.56^{ns}	0.003^{*}	210.3^{**}	0.0022^{*}	25393^{**}
a×b	2	19.2^{ns}	1542.3^{*}	1.1^{ns}	0.26^{ns}	1.1^{**}	84.5^{*}	0.001^{ns}	1424^{*}
$Error_b$	6	57.3	1101.3^{*}	4.2	0.5	0.00012	0.25	0.00006	944.5
لایه نفوذناپذیر Impermeable layer (c)	2	382.2^{**}	936.5^{*}	3.3^{*}	2.7^{*}	0.32^{**}	424.8^{**}	0.059^{**}	18111^{**}
a×c	4	51.7^{*}	549.8^{ns}	2.2^{*}	3.3^{*}	0.018^{**}	156.02^{ns}	0.001	619.4^{*}
b×c	2	1.4^{ns}	3.77^{ns}	1.9^{*}	1.01^{ns}	0.017^{**}	224.6^{ns}	0.002^{ns}	1888^{*}
a×b×c	4	47.8^{*}	168.8^{**}	0.32^{**}	2.9^{*}	0.15^{**}	641.4^{**}	0.001^{**}	241^{**}
Error	24	17.55	1082.6	1.65	0.48	0.00015	0.77	0.0001	11.3
ضریب تغییرات CV (%)		6.3	14	24.2	7.2	6.8	5.2	7.2	9

ns، ** و * به ترتیب نبود تفاوت معنی‌دار و تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

ns, ** and *: non-significantly difference and significantly difference at 1% and 5 % of probability levels, respectively.

ارتفاع بوته

نتایج نشان داد با کاهش میزان آب، ارتفاع بوته‌های بادمجان کاهش یافت (شکل ۱). بررسی اثر تنش آبیاری بر گیاه بادمجان نشان داد که کمبود آب باعث کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته بادمجان می‌شود (Kirnak *et al.*, 2001). نتایج نشان داد هرچه لایه نفوذناپذیر در سطح پایین‌تر قرار گیرد، باعث افزایش ارتفاع بوته گردیده است. بیش‌ترین میزان ارتفاع بوته (۷۸ سانتی‌متر) متعلق به خاکپوش خرما و لایه ۱۲۰ سانتی‌متری نفوذناپذیر و نیاز آبی ۱۰۰ درصد بود و کم‌ترین آن (۴۸/۳ سانتی‌متر) متعلق به تیمار بدون خاکپوش و لایه نفوذناپذیر در عمق ۱۰۰ سانتی‌متری و نیاز آبی ۴۰ درصد بود (شکل ۱). در این تحقیق استفاده از لایه نفوذناپذیر، موجب افزایش ارتفاع بوته شد. همچنین، استفاده از خاکپوش خرما و لایه نفوذناپذیر با همدیگر موجب کاهش ارتفاع بوته تحت تنش خشکی در مقایسه با استفاده از لایه نفوذناپذیر به‌تنهایی شد. در تحقیقی استفاده از خاکپوش پلاستیکی و خاکپوش کاه و کلش باعث افزایش ارتفاع بوته‌های گوجه فرنگی شد (Wang *et al.*, 2011). نتایج تحقیقات انجام شده نشان داد هنگامی که پلی‌اتیلن سیاه به‌عنوان خاکپوش در کشت بادمجان و یا خیار استفاده گردید ارتفاع گیاه افزایش یافت (Al-Bayati and Kamel, 2016; AL-Bayati and Hamdoon, 2019; Jaafar and Gleikh, 2020).



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل خاکپوش، لایه نفوذناپذیر و کم آبیاری بر ارتفاع بوته بادمجان

Figure 1- Mean comparison interaction effect of mulch, impermeable layer and deficit irrigation on plant height of eggplant

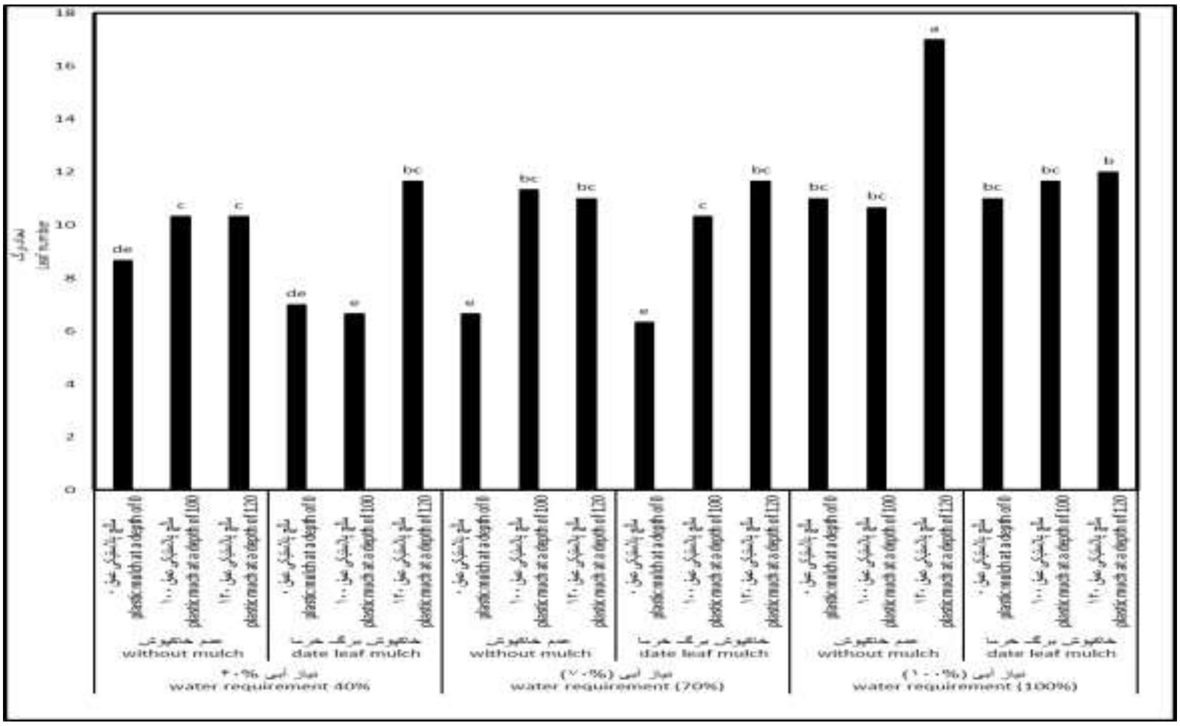
تعداد برگ

نتایج تجزیه واریانس داده‌های تعداد برگ نشان داد که تعداد برگ تحت تأثیر بر همکنش سه فاکتور نیاز آبی، لایه نفوذناپذیر و خاکپوش خرما قرار گرفت؛ به‌طوری که با کاهش درصد نیاز آبی (از ۱۰۰ به ۴۰ درصد) تعداد برگ در بادمجان کاهش یافت و بیش‌ترین تعداد برگ در نیاز آبی ۱۰۰ درصد در عمق ۱۲۰ سانتی‌متری لایه-نفوذناپذیر در عدم استفاده از خاکپوش (Gajanayake *et al*., 2014) مشاهده شد (شکل ۲). خشکی روی تشکیل سلول‌های اولیه برگ و تمایز آن‌ها تاثیر گذاشته و سبب کاهش تعداد برگ در سویا (*Glycine max* cv. Sambaiba) می‌شود (Lobato *et al*., 2008). کاهش در تعداد برگ تحت شرایط تنش شدید ممکن است به‌دلیل کاهش در شکل‌گیری برگ باشد. کاهش رشد برگ‌ها تحت شرایط تنش اسمزی سرعت تقسیم سلولی و توسعه و گسترش سلول را به‌علت از دست دادن فشار تورژسانس کاهش می‌دهد و ریزش برگ به‌دلیل تولید هورمون‌های اتیلن و ABA تحت شرایط تنش خشکی می باشد (Tezara *et al*., 2002).

نتایج این تحقیق نشان داد کاربرد هر دو تیمار (خاکپوش خرما و لایه نفوذناپذیر) به خصوص لایه نفوذناپذیر منجر به افزایش تعداد برگ در بادمجان شده است. بیش‌ترین تعداد برگ (۱۸۹ عدد) متعلق به تیمار بدون خاکپوش و با لایه نفوذناپذیر ۱۲۰ سانتی‌متری عمق خاک و نیاز آبی ۱۰۰ درصد و کم‌ترین آن (۷۵/۹۶ عدد) متعلق به تیمار بدون خاکپوش و لایه نفوذناپذیر و نیاز آبی ۴۰ درصد بود (شکل ۲). حفظ رطوبت خاک و افزایش تعداد و سطح برگ در اثر کاربرد خاکپوش در فلفل (*Capsicum annuum* L.) گزارش شده است (Ashrafuzzaman *et al*., 2011). خاکپوش پلاستیکی می‌تواند در مقایسه با خاکپوش‌های دیگر، تأثیر بیش‌تری بر حفظ رطوبت خاک در دوره‌های تنش خشکی بر خربزه (*Cucumis melo* L.) داشته باشد، به‌طوری که تعداد و سطح برگ در طالبی در تیمار با خاکپوش پلاستیکی بیش‌تر از تیمار بدون خاکپوش بود (Ekinci and Dursun, 2009). هنگامی که پلی‌اتیلن سیاه به عنوان خاکپوش در کشت بادمجان استفاده گردید، تعداد برگ افزایش یافت (AL-Bayati and Hamdoon, 2019; Jaafar and Gleikh, 2020).

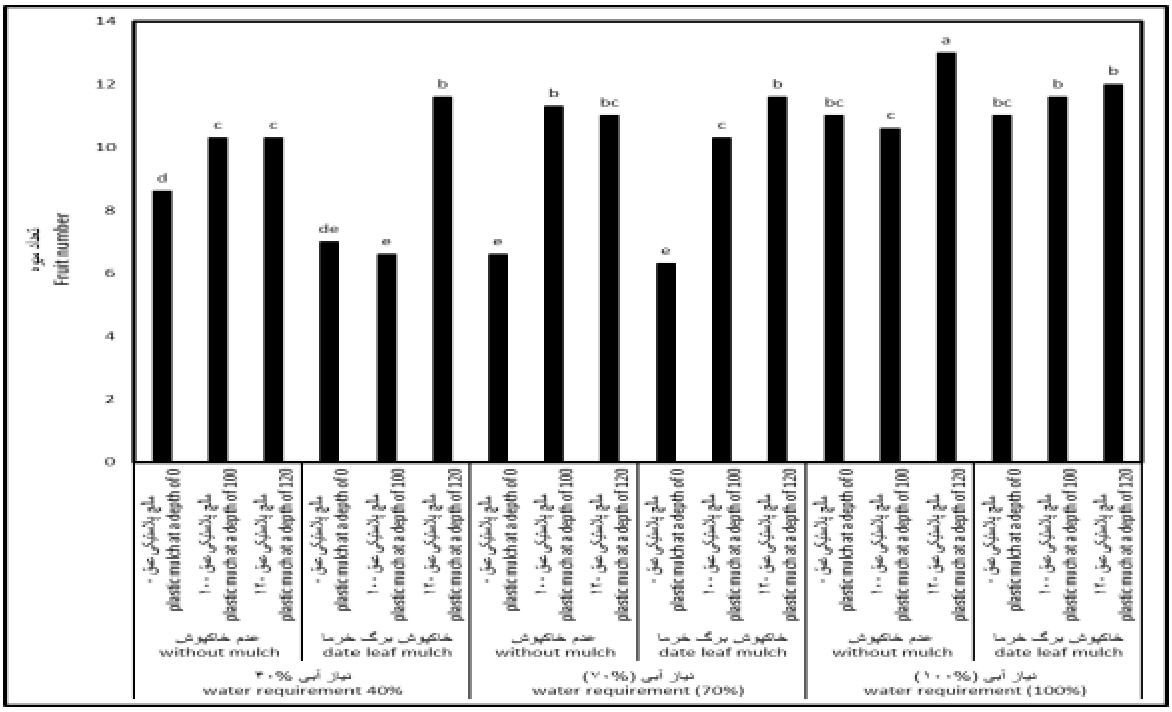
تعداد میوه

نتایج تجزیه واریانس داده‌های تعداد میوه نشان داد که تعداد میوه تحت تأثیر بر همکنش سه فاکتور نیاز آبی، لایه نفوذناپذیر و خاکپوش خرما قرار گرفت؛ به‌طوری که با کاهش درصد نیاز آبی (از ۱۰۰ به ۴۰ درصد) تعداد میوه کاهش یافت یافت (شکل ۳). قابلیت دسترسی به آب، روی تشکیل گل و بزرگ شدن میوه تأثیر می‌گذارد. لذا با کاهش عرضه آب، تعداد گل‌ها کاهش یافته و در نتیجه عملکرد گیاه کاهش می‌یابد (Qu *et al*., 2019). تعداد میوه در بوته و عملکرد میوه و دانه کدو پوست کاغذی با کاهش دسترسی به آب کاهش پیدا کردند (Al-Omran *et al*., 2005).



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل خاکپوش، لایه نفوذناپذیر و کم آبیاری بر تعداد برگ بادمجان

Figure 2- Mean comparison interaction effect of mulch, impermeable layer and deficit irrigation on leaf number of eggplant



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل خاکپوش، لایه نفوذناپذیر و کم آبیاری بر تعداد میوه بادمجان

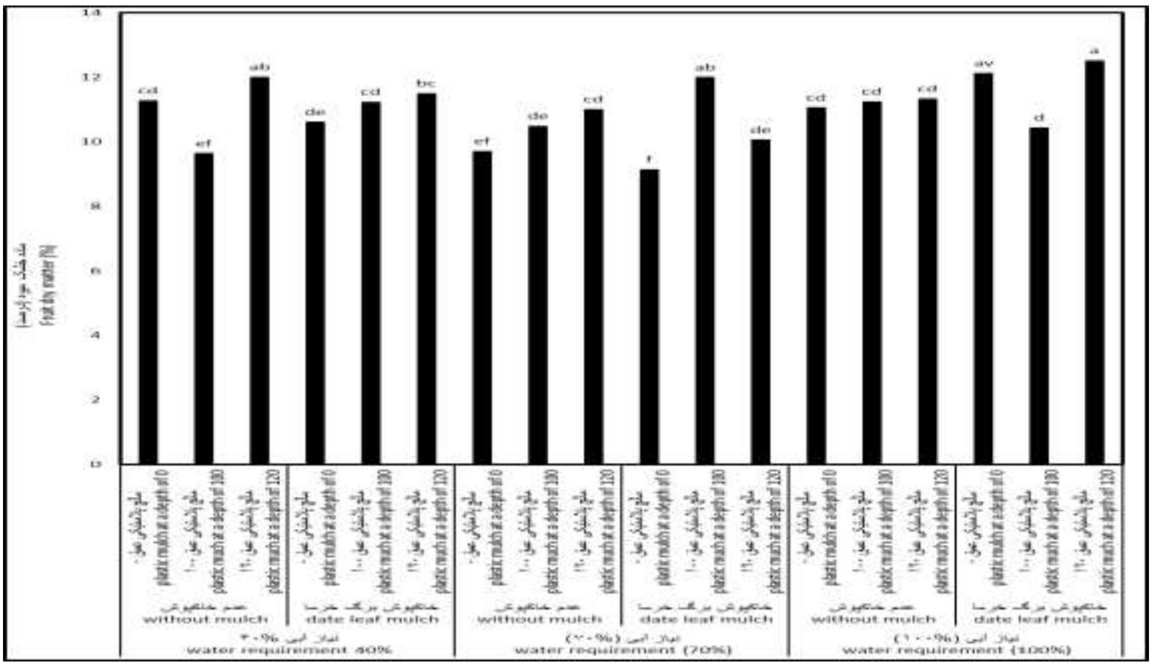
Figure 3- Mean comparison interaction effect of mulch, impermeable layer and deficit irrigation on fruit number of eggplant

بر اساس نتایج این تحقیق، استفاده از لایه نفوذناپذیر موجب افزایش تعداد میوه در هر سه سطح تنش کم آبیاری در بادمجان شد. در اکثر موارد استفاده از خاکپوش خرما به همراه لایه نفوذناپذیر تفاوت معنی‌داری روی تعداد میوه در مقایسه با کاربرد لایه نفوذناپذیر به تنهایی نداشت. بیش‌ترین تعداد میوه متعلق به تیمار بدون خاکپوش و لایه ۱۲۰ سانتی‌متری نفوذناپذیر و نیاز آبی ۱۰۰ درصد (۱۳ عدد) بود (شکل ۳).

خاکپوش باعث نگهداری زیاد رطوبت در خاک‌ها می‌شود. کاربرد خاکپوش موجب افزایش میانگین تعداد میوه در گیاه و عملکرد کل خیار گردید (Ibeawuchi *et al.*, 2008). تیمارهای خاکپوش پلاستیکی باعث افزایش عملکرد کدو، گوجه فرنگی و خیار می‌شود (Pakyurek *et al.*, 2007). استفاده از خاکپوش پلی اتیلن سیاه در کشت بادمجان موجب افزایش تعداد میوه (AL-Bayati and Hamdoon, 2019; Jaafar and Gleikh, 2020)، افزایش عملکرد و تعداد میوه در خیار با استفاده از خاکپوش پلی‌اتیلن سیاه رنگ شد (Al-Bayati and Kamel, 2016).

درصد ماده خشک میوه

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که درصد ماده خشک میوه تحت تأثیر تمامی اثرات ساده و برهمکنش تیمارها در سطح ۱ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد ماده خشک بادمجان با درصد کاهش نیازآبی، افزایش یافت و بیش‌ترین میزان ماده خشک (۱۲/۵ درصد) متعلق به تیمار خاکپوش خرما و لایه ۱۲۰ سانتی‌متری نفوذناپذیر و نیاز آبی ۱۰۰ درصد و کم‌ترین آن (۹/۱ درصد) متعلق به تیمار خاکپوش خرما و بدون لایه نفوذناپذیر و نیاز آبی ۷۰ درصد بود (شکل ۴). در پژوهشی افزایش معنی‌داری در ماده خشک بادمجان با افزایش سطح کمبود آبیاری مشاهده شد (Serhat, 2017). کاهش آبیاری باعث افزایش درصد ماده خشک در بادمجان شد (Karam *et al.*, 2011). استفاده از خاکپوش کاه گندم موجب افزایش درصد ماده خشک برنج شد (Yan *et al.*, 2018).



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل خاکپوش، لایه نفوذناپذیر و کم آبیاری بر درصد ماده خشک میوه بادمجان

Figure 4- Mean comparison interaction effect of mulch, impermeable layer and deficit irrigation on dry matter percentage of eggplant fruit

کلروفیل کل

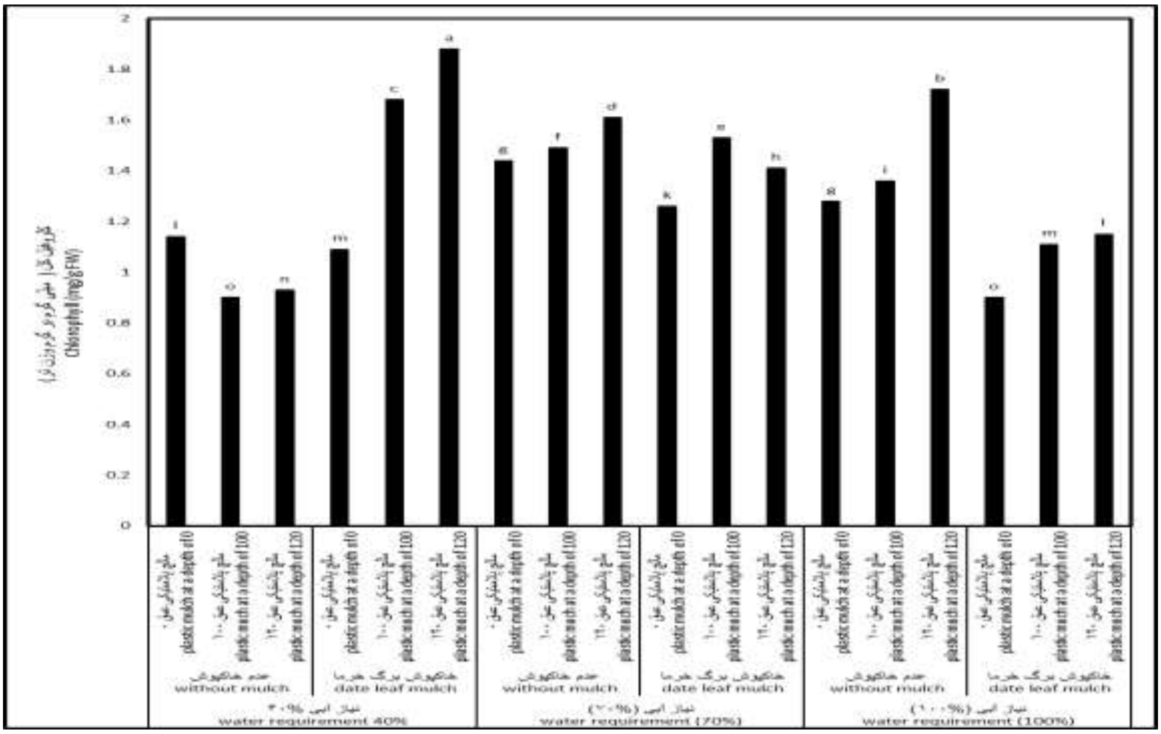
جدول تجزیه واریانس داده‌های مربوط به کلروفیل کل نشان داد که کلروفیل تحت تأقیر اثرات ساده تیمارهای کم‌آبیاری، خاکپوش و لایه نفوذناپذیر و برهمکنش این تیمارها قرار گرفت (جدول ۱).

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد کم آبیاری موجب کاهش میزان کلروفیل کل در بادمجان شد (شکل ۵). کاربرد خاکپوش خرما و لایه نفوذناپذیر و نیاز آبی ۷۰ و ۴۰ درصد موجب افزایش میزان کلروفیل شد، که به‌نظر می‌رسد کاربرد آن‌ها در زمان کمبود آب، موجب کاهش

اثرات سوء کم آبی و جلوگیری از تخریب کلروفیل در بادمجان شده است. بیش‌ترین میزان کلروفیل کل متعلق به تیمار نیاز آبی ۴۰ درصد با استفاده از خاکپوش خرما و لایه نفوذناپذیر ۱۲۰ سانتی‌متری (۱/۸۸ میلی‌گرم بر گرم) بود (شکل ۵).

میزان کلروفیل در گیاهان یکی از فاکتورهای مهم حفظ ظرفیت فتوسنتزی است، همچنین کلروفیل برگ یکی از مهمترین شاخص‌های نشان دهنده تنش‌های محیطی وارد بر گیاهان نظیر گرما، خشکی، کمبود مواد غذایی، پیری می‌باشد (Pask *et al.*, 2012). کاهش کلروفیل در شرایط تنش خشکی در بسیاری مطالعات گزارش شده است. از جمله دلایلی که برای کاهش کلروفیل در شرایط تنش خشکی عنوان شده است می‌توان به تخریب غشاهای تیلاکوئید کلروپلاست و اکسیداسیون نوری کلروفیل در اثر گونه‌های فعال اکسیژن و افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز اشاره کرد و یا کاهش سنتز کلروفیل در شرایط تنش، دلیل احتمالی کاهش غلظت کلروفیل عنوان شده است (Gajanayake *et al.*, 2014). در گزارشی نشان دادند میزان کلروفیل a (۳۷ درصد)، b (۴۰ درصد) و کل (۳۳ درصد) تحت تنش شدید خشکی در بادمجان، کاهش می‌یابد (Kirnak *et al.*, 2001). در تحقیقی گزارش نمودند که محتویات کلروفیل برگ تحت تنش خشکی در بادمجان کاهش می‌یابد (Gobu *et al.*, 2017).

کلروفیل a، b و کل تحت تنش خشکی در گیاه کنجد به شدت کاهش یافت و استفاده از خاکپوش کاه و کلش گندم موجب افزایش این رنگدانه‌ها در کنجد شد (Behzadnejad *et al.*, 2020). در تحقیقی گزارش نمودند استفاده از خاکپوش گندم باعث افزایش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی به دلیل فراهم بودن رطوبت مورد نیاز می‌گردد (Yang *et al.*, 2006). در تحقیقی نشان داده شد استفاده از خاکپوش پلاستیکی باعث افزایش میزان کلروفیل a، b و کل در فلفل شد (Ashrafuzzaman *et al.*, 2011).



شکل ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل خاکپوش، لایه نفوذناپذیر و کم آبیاری بر محتوی کلروفیل کل برگ بادمجان

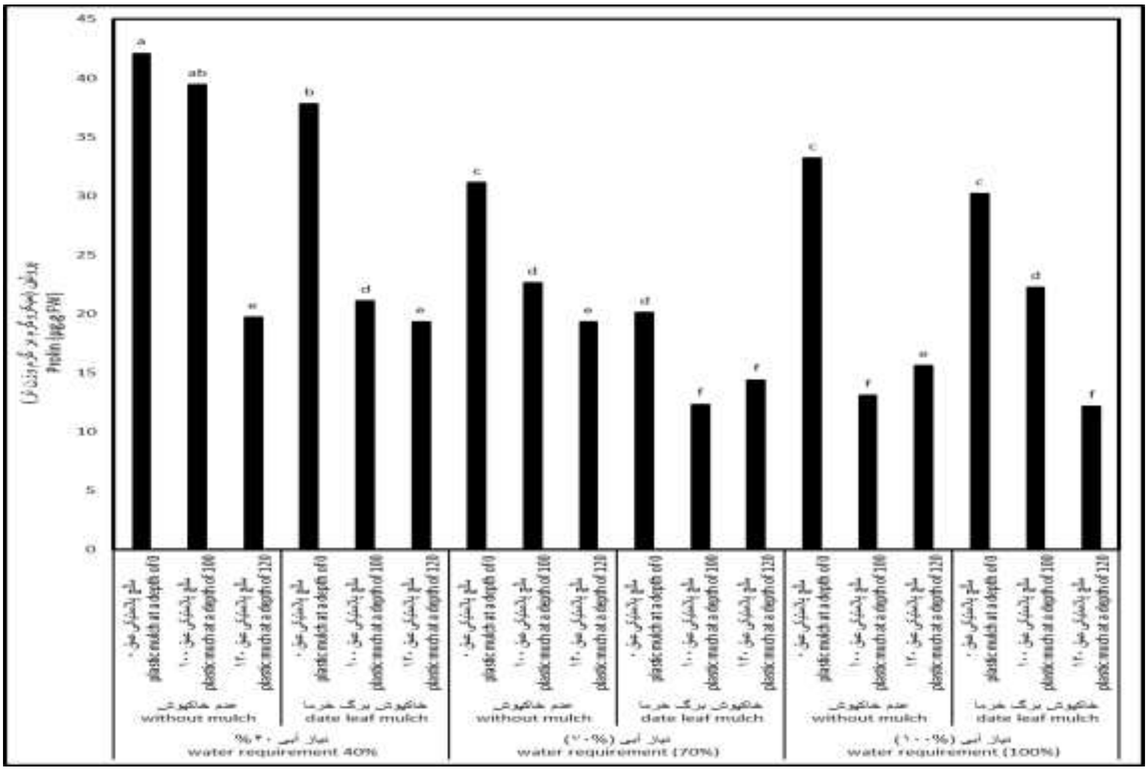
Figure 5- Mean comparison interaction effect of mulch, impermeable layer and deficit irrigation on total chlorophyll content of eggplant leaf

پرولین

نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به پرولین نشان داد که پرولین تحت تأثیر اثرات ساده و برهمکنش سه فاکتور کم‌آبیاری، خاکپوش ولایه‌نفوذناپذیر در سطح درصد قرار گرفت (جدول ۱). نتایج این پژوهش نشان داد تنش کم آبیاری موجب افزایش میزان پرولین در بادمجان شد (شکل ۶). پرولین از مهمترین متابولیت‌های سازگاری به تنش در گیاهان به شمار می‌آید. پرولین توانایی افزایش فعالیت‌های مختلف آنزیمی، پایداری ساختارهای غشاءها و پروتئین‌ها، تنظیم پتانسیل اکسایشی و احیایی در شرایط تنش را دارد. غلظت اسیدهای آمینه به دنبال تنش آبی افزایش می‌یابد، اما افزایش پرولین در این

میان آشکارتر است. از مهم‌ترین نقش‌های پرولین در واکنش به کمبود آب، نقش آن به عنوان یک ماده تنظیم‌کننده فشار اسمزی و عامل حفاظت‌کننده آنزیم‌های سیتوپلاسمی و ساختار غشاء است (Zulu, 2009). در تحقیقی گزارش کردند میزان پرولین در بادمجان تحت تنش خشکی افزایش می‌یابد (Tani *et al.*, 2018). تجمع پرولین در اثر تنش خشکی در هندوانه وحشی گزارش شده است (Zulu, 2009). در گیاه خربزه تحت تنش خشکی، آنزیم ساخت پرولین به سرعت افزایش می‌یابد و تجمع پرولین در برگ‌ها، تعادل آبی گیاه را با تعدیل اسمزی حفظ می‌کند (Zulu, 2009).

بیش‌ترین میزان پرولین در این مطالعه، متعلق به عدم استفاده از خاکپوش خرما، کاربرد لایه نفوذناپذیر در عمق صفر سانتی‌متری و نیاز آبی ۴۰ درصد (۴۲/۱ میکروگرم بر گرم وزن تر) و کم‌ترین آن متعلق به تیمار خاکپوش خرما، کاربرد لایه نفوذناپذیر در عمق ۱۲۰ سانتی‌متری و نیاز آبی ۱۰۰ درصد بود (شکل ۶). براساس نتایج بدست آمده، با افزایش کمبود آب، میزان پرولین افزایش یافت و کاربرد خاکپوش خرما و لایه نفوذناپذیر موجب کاهش میزان پرولین شده است. در تحقیقی نشان دادند که محتوای پرولین در کنجد تحت تنش خشکی خصوصاً زمانی که از خاکپوش استفاده نشده است، افزایش یافته است و کاربرد خاکپوش گندم موجب کاهش میزان پرولین شده است (Behzadnejad *et al.*, 2020). در تحقیقی گزارش کردند که پرولین افزایش معنی‌داری (۵۲ میکروگرم بر گرم وزن تر) در تیمار ۵۰ درصد ظرفیت زراعی نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی در زیتون داشت و تمامی خاکپوش‌های مورد مطالعه شامل سنگریزه، پوسته پسته، کلش گندم و تفاله زیتون باعث کاهش پرولین در شرایط تنش خشکی در مقایسه با تیمار بدون کاربرد خاکپوش شدند (Farzi and Ghoami, 2017).



شکل ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل خاکپوش، لایه نفوذناپذیر و کم آبیاری بر محتوی پرولین برگ بادمجان

Figure 6– Mean comparison interaction effect of mulch, impermeable layer and deficit irrigation on proline content of eggplant leaf

کارایی مصرف آب

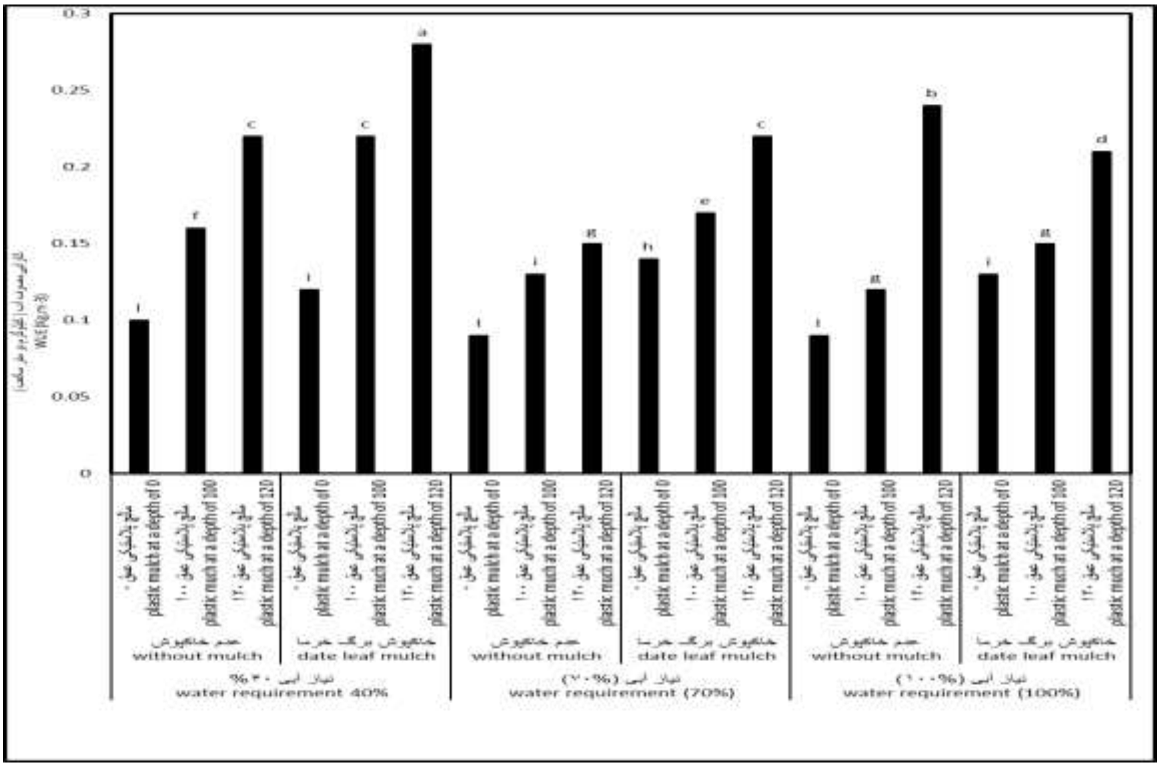
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که کارایی مصرف آب تحت تأثیر اثرات ساده و برهمکنش سه فاکتور کم‌آبیاری، خاکپوش و لایه نفوذناپذیر در سطح ۱ درصد قرار گرفت (جدول ۱). براساس نتایج به‌دست آمده، با کاهش درصد نیاز آبی از ۱۰۰ به ۴۰ درصد، میزان کارایی مصرف آب در بادمجان افزایش یافت. همچنین، کاربرد خاکپوش خرما و لایه نفوذناپذیر باعث افزایش کارایی مصرف آب گردید؛ به‌طوری که بیش‌ترین میزان کارایی مصرف آب در نیاز آبی ۴۰ درصد و با استفاده از خاکپوش برگ خرما و لایه نفوذناپذیر ۱۲۰ سانتی‌متری (۰/۲۸ کیلوگرم بر متر مکعب) مشاهده شد (شکل ۷). در

تحقیقی نشان دادند که بالاترین کارایی مصرف آب در سطوح پایین رژیم آبیاری به‌دست آمد (Mohawesh, 2016). پژمردگی گیاهان با سرعت بیشتری تحت شرایط کم آبی نسبت به شرایط نرمال آبی رخ می‌دهد، بنابراین گیاهان تحت تنش خشکی از کارایی مصرف آب بالاتری برخوردار هستند (Gao *et al*., 2019).

کارایی مصرف آب در بادمجان توسط هر دو تیمار به‌طور قابل توجهی افزایش یافته است و بیش‌ترین میزان آن در نیاز آبی ۴۰ درصد، استفاده از خاکپوش و لایه نفوذناپذیر در عمق ۱۲۰ سانتی‌متری عمق زمین به‌دست آمد (شکل ۱۶-۴). این امر می‌تواند به‌دلیل اثرات مختلف خاکپوش‌ها بر دوره رشد گیاه مانند حفظ ساختار سطحی خاک، نگهداری آب باران، فراهم آوردن شرایط برای ذخیره سازی آب قابل دسترس باشد (Kashif *et al*., 2018). در تحقیقی گزارش کردند وقتی نیاز آبی کاهش می‌یابد (از ۱۰۰ به ۵۰ درصد)، کارایی مصرف آب افزایش می‌یابد و کاربرد خاکپوش پلی‌اتیلنی موجب افزایش کارایی مصرف آب در مقایسه با عدم کاربرد آن در بادمجان می‌شود (Abdrabbo *et al*., 2017).

کاربرد خاکپوش پلاستیکی، کارایی مصرف آب و میزان محصول در شرایط کم آبیاری در توت فرنگی را افزایش داده است (Kumar and Dey, 2011). استفاده از خاکپوش پلاستیکی موجب افزایش کارایی مصرف آب در ذرت، گندم، سیب زمینی و کتان شد (Gao *et al*., 2019). افزایش کارایی مصرف آب در ذرت هنگامی‌که از خاکپوش پلاستیکی و خاکپوش کاه تحت تنش خشکی استفاده می‌شود، مشاهده شد (Gao *et al*., 2019).

امروزه، بهبود کارایی مصرف آب به‌دلیل افزایش جمعیت و کاهش منابع آبی در کشاورزی بسیار پر اهمیت است. بسیاری از محققان بر این عقیده هستند که به‌علت قابل توجه بودن تلفات آب از طریق تبخیر، هر مدیریتی که بتواند تبخیر از سطح خاک را کاهش دهد، به‌طور یقین کارآیی مصرف آب را افزایش خواهد داد. روش‌های متعددی برای کاهش تبخیر از سطح خاک وجود دارد که یکی از آن‌ها استفاده از خاکپوش می‌باشد (Gao *et al*., 2019).



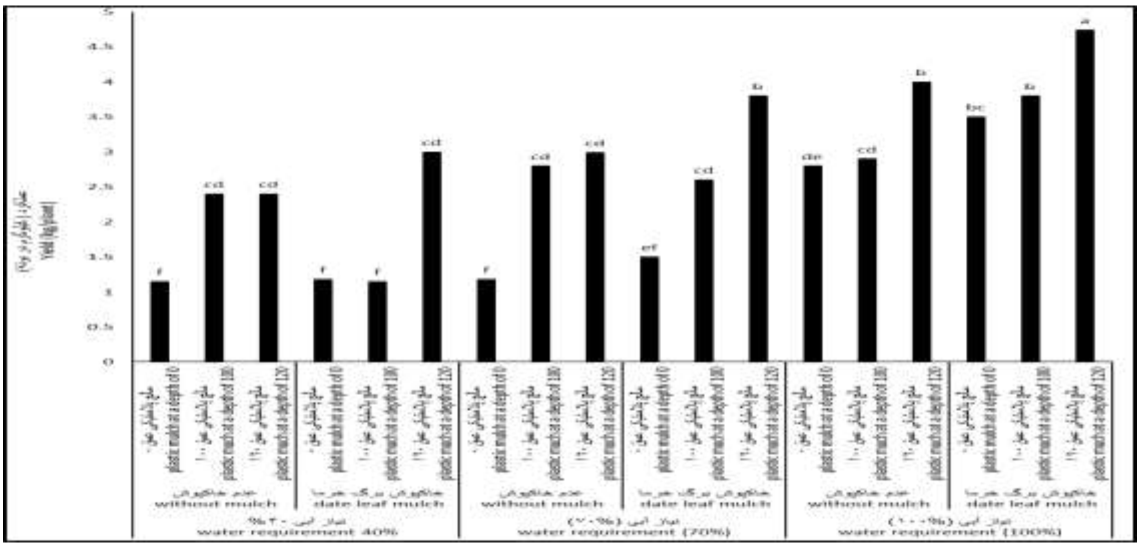
شکل ۷- مقایسه میانگین اثر متقابل خاکپوش، لایه نفوذناپذیر و کم آبیاری بر کارایی مصرف آب بادمجان

Figure 7- Mean comparison interaction effect of mulch, impermeable layer and deficit irrigation on eggplant water use efficiency

عملکرد بادمجان

براساس نتایج تجزیه واریانس عملکرد میوه تحت تأثیر تمامی فاکتورها قرار گرفت. نتایج نشان داد تنش کم آبیاری موجب کاهش عملکرد میوه در بادمجان شد و کاربرد هر دو تیمار مالچ و لایه نفوذناپذیر نیز موجب افزایش عملکرد بادمجان می‌شود (شکل ۸). این افزایش عملکرد میوه به ویژه در استفاده از خاکپوش خرما و لایه نفوذناپذیر عمق ۱۲۰ سانتی‌متری زمین قابل ملاحظه تر بود. به‌طوری‌که بیش‌ترین میزان عملکرد میوه (۴/۷۴ کیلوگرم در بوته)

متعلق به تیمار خاکپوش خرما و لایه ۱۲۰ سانتی‌متری نفوذناپذیر و نیاز آبی ۱۰۰ درصد و کم‌ترین آن (۱/۱۵ کیلوگرم در بوته) متعلق به تیمار بدون خاکپوش و بدون لایه نفوذناپذیر و نیاز آبی ۴۰ درصد بود. این امر می‌تواند به‌دلیل تأثیرات مختلف خاکپوش در دوره رشد گیاه مانند حفاظت از ساختار خاک سطحی و آب باران، بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و افزایش ظرفیت ذخیره آب قابل استفاده باشد (Kashif *et al*., 2018). در تحقیقی گزارش شد تنش خشکی موجب کاهش عملکرد بادمجان می‌شود (Serhat, 2017). گزارش شده است که شرایط رشدی برای بادمجان با استفاده از خاکپوش‌ها بهبود می‌یابد و کابرد خاکپوش‌های سنتیتیک نظیر فویل پلی‌اتیلنی سیاه و فویل شفاف موجب افزایش میزان عملکرد بادمجان در مقایسه با شرایط عدم استفاده از خاکپوش گردید (Adamczewska-Sowińska *et al*., 2016). هنگامی که پلی اتیلن سیاه به‌عنوان خاکپوش در کشت بادمجان استفاده گردید عملکرد بادمجان افزایش یافت (Jaafar and Gleikh, 2020). در گزارشی نشان دادند که استفاده از خاکپوش پلی‌اتیلنی موجب عملکرد بادمجان در مقایسه با عدم کاربرد این خاکپوش گردید (AL-Bayati and Hamdoon, 2019). در تحقیقی دیگر گزارش کردند که پارامترهای رشدی و عملکرد میوه بر بوته و عملکرد نهایی بادمجان با افزایش سطح نیاز آبیاری از ۵۰ به ۱۰۰ درصد، افزایش یافت (Abdrabbo *et al*., 2017). همچنین، بیش‌ترین سطح رشدی گیاه و عملکرد در استفاده از خاکپوش پلی اتیلنی سیاه در نیاز آبی ۱۰۰ درصد به دست آمد. این در صورتی است که کم‌ترین سطح رشدی و عملکرد در نیاز آبی ۵۰ درصد بدون کاربرد مالچ به‌دست آمد. افزایش عملکرد میوه در خیار با استفاده از خاکپوش پلی‌اتین سیاه رنگ مشاهده شد (Al-Bayati and Kamel, 2016). استفاده از خاکپوش پلاستیکی موجب افزایش عملکرد در ذرت، گندم، سیب زمینی و کتان شد (Gao *et al*., 2019). با کاهش سطح نیاز آبی گیاه کنجد از ۱۰۰ به ۴۰ درصد، میزان عملکرد محصول کاهش یافته و کاربرد خاکپوش گندم موجب بهبود میزان عملکرد این گیاه تحت تنش خشکی می‌شود (Behzadnejad *et al*., 2020). همچنین، تنش خشکی موجب کاهش شدید عملکرد ذرت می‌شود و استفاده از خاکپوش پلاستیکی و خاکپوش کاه موجب افزایش عملکرد در مقایسه با عدم استفاده از این خاکپوش ها می‌شود. همچنین خاکپوش پلاستیکی در مقایسه با خاکپوش کاه در افزایش عملکرد محصول تحت تنش خشکی بسیار کارآمد تر بود (Gao *et al*., 2019).



شکل ۸- مقایسه میانگین اثر متقابل خاکپوش، لایه نفوذناپذیر و کم آبیاری بر عملکرد بادمجان

Figure 8- Mean comparison interaction effect of mulch, impermeable layer and deficit irrigation on eggplant yield

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد صفات مورفولوژیکی ارتفاع بوته، تعداد برگ و میوه و درصد ماده خشک میوه و صفات بیوشیمیایی کلروفیل کل، کارایی مصرف آب، پرولین و عملکرد تحت تاثیر تیمارهای نیاز آبی، مالچ برگ خرما و لایه نفوذناپذیر قرار گرفتند. نتایج نشان داد که بیش‌ترین کارایی مصرف آب در نیاز آبی ۴۰ درصد، استفاده از خاکپوش برگ خرما و لایه نفوذناپذیر در عمق ۱۲۰ سانتی‌متری بود. افزایش عملکرد میوه به ویژه در استفاده از خاکپوش خرما و لایه نفوذناپذیر عمق ۱۲۰ سانتی‌متری قابل ملاحظه‌تر بود. بنابر نتایج این تحقیق می‌توان استفاده از خاکپوش برگ خرما ولایه نفوذناپذیر ۱۲۰ سانتی‌متری را برای مزارع بادمجان در مقابله با تنش خشکی توصیه کرد.

منابع

1. Abdrabbo M.A.A., Saleh S.M., and Hashem F.A. 2017. Eggplant production under deficit irrigation and polyethylene mulch. Egyptian Journal of Applied Sciences 32(7): 148-161. https://doi:10.13140/RG.2.2.21904.40961.
2. Adamczewska-Sowińska K., Krygier M., and Turczuk J. 2016. The yield of eggplant depending on climate conditions and mulching. Folia Horticulturae 28(1): 19-24. https://doi.org/10.1515/fhort-2016-0003.
3. Al-Bayati H.J.M., Kamel T.J. 2016. Role of soil mulching and organic fertilizers on improving vegetative growth and yield of cucumber plant (*Cucumis sativus* L.) grown under unheated plastic house. Scientific Journal of Karbala University 14(1): 12-21. https://doi: /10.1088/1755-1315/553/1/012027.
4. AL-Bayati H.M., and Hamdoon D.N. 2019. Response of eggplant *Solanum melongena* L. to soil mulching, organic and inorganic fertilizers on vegetative growth traits and yield grown under unheated plastic house. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 388(1). https://doi:/10.1088/1755-1315/388/1/012075.
5. Al-Omran A.M., Sheta A.S., Falatah A.M., and Al-Harbi A.R. 2005. Effect of drip irrigation on squash (*Cucurbita pepo*) yield and water-use efficiency in sandy calcareous soils amended with clay deposits. Agricultural Water Management 73: 43-55. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2004.09.019.
6. Al-Rawi S., Ibrahim Aoda M., and Salih Ati A. 2017. The Role of subsurface water retention technology (SWRT) for growing chili pepper in Iraqi sandy soils. Journal of Environment and Earth Science 7(1): 81-89.
7. Ashrafuzzaman M., Abdul Halim M., Mohd Razi Ismai S., Shahidullah M., and Alamgir Hossain M. 2011. Effect of plastic mulch on growth and yield of chilli (*Capsicum annuum* L.). Brazilian Archives of Biology and Technology 54(2): 321-330. https://doi.org/10.1590/S1516-89132011000200014.
8. Bates L., Waldern R., and Teare ID. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil 39: 205-207.
9. Behzadnejad J., Tahmasebi-Sarvestani Z., Aein A., and Mokhtassi-Bidgoli A. 2020. Wheat straw mulching helps improve yield in sesame (*Sesamum indicum* L.) under drought stress. International Journal of Plant Production 1-12. https://doi:10.1007/s42106-020-00091-8.
10. Bhardwaj R.L. 2013. Effect of mulching on crop production under rainfed condition- A review. Agricultural Reviews 34(3): 188-197.
11. Demirel K., and Kavdir Y. 2012. Effect of soil water retention barriers on turfgrass growth and soil water content. Journal of Irrigation Science 2: 271-276. https://doi:10.1007/s00271-012-0345-1.
12. Ekinci M., and Dursun A. 2009. Effects of different mulch materials on plant growth, some quality parameters and yield in melon (*Cucumis melo* L.) cultivars in high altitude environmental condition. Pakistan Journal of Botany 41(4): 1891-1901.
13. Farre I., and Faci J.M. 2006. Comparative response of maize (*Zea mays* L.) and sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) to deficit irrigation in a Mediterranean environment. Agricultural Water Management 83(1): 135-143. https://doi:10.1016/j.agwat.2005.11.001.
14. Farzi R., and Ghoami M. 2017. The effect of mulch on some photosynthetic parameters and water relations of olive cultivar Manzanilla under water stress. Journal of Production and Processing of Crops and Horticulture 8 (3): 117-131. https://doi:10.29252/jcpp.8.3.117.
15. Fereres E., and Soriano M.A. 2007. Deficit irrigation increase for reducing agricultural water use. Journal of Experimental Botany 58: 147-159. https://doi.org/10.1093/jxb/erl165.
16. Fita A., Fioruci F., Plazas M., Rodiguez-Burruzo A., and Prohens J. 2015. Drought tolerance among accessions of eggplant and related species. Bulletin UASVM Horticulture 72(2): 461-462. https://doi:10.15835/buasvmcn-hort:11600.
17. Gajanayake B., Reddy K.R., Shankle M.W., and Arancibia R.A. 2014. Growth, developmental, and physiological responses of two sweetpotato (*Ipomoea batatas* L) cultivars to early season soil moisture deficit. Scientia Horticulturae 168: 218–228. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.01.018.
18. Gao H., Yan C., Liu Q., Li Z., Yang X., and Qi R. 2019. Exploring optimal soil mulching to enhance yield and water use efficiency in maize cropping in China: A meta-analysis. Agricultural Water Management 225: 105741. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105741.
19. Gobu R., Babu B.N., Chandra K., and Shankar M. 2017. Insight into the genetic diversity of eggplant (*Solanum melongena* L.) genotypes through D2 analysis. Electronic Journal of Plant Breeding 8(3): 811-815. https://doi:10.5958/0975-928X.2017.00129.6.
20. Guber A.K., Smucker A.J.M., Berhanu S., and Miller J.M.L. 2015. Subsurface water retention technology improves root zone water storage for corn production on coarse-textured soils. Journal of Vadose Zone 1-13.
21. Ibeawuchi I.I., Iheoma O.R., Obilo O.P., and Obiefuna J.C. 2008. Effect of time of mulch application on the growth and yield of cucumber (*Cucumis sativus*) in Owerri, Southeastern Nigeria. Life Science Journal 5(1) 89-93.

22. Jaafar H.S., and Gleikh S.A.M. 2020. Response of two cultivars of okra (*Abelmochus esculentus* L.) moench to spraying with amino acids on some growth and yield parameters. Plant Archives 20(2): 1834-1837.
23. Karam F., Saliba R., Skaf S., Breidy J., Rouphael Y., and Balendonck J. 2011. Yield and water use of eggplants (*Solanum melongena* L.) under full and deficit irrigation regimes. Agricultural Water Management 98: 1307–1316. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2011.03.012.
24. Kashif A., Weiyu W., Ahmad K., Guangxin R., Zahir A.M., Yongzhong F., and Gaihe Y. 2018. Wheat straw mulching with fertilizer nitrogen: An approach for improving soil water storage and maize crop productivity. Plant and Soil Environmental 64: 330–337.
25. Kirnak H., Kaya C., Tas I., and Higgs D. 2001. The influence of water deficit on vegetative growth, physiology, fruit yield and quality in eggplants. Journal of Plant Physiology, 27: 34–46.
26. Kumar S., and Dey P. 2011. Effects of different mulches and irrigation methods on root growth, nutrient uptake, water-use efficiency and yield of strawberry. Scientia Horticulturae 127: 318-324. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.10.023.
27. Lobato A.K.S., Oliveira-Neto C.F., Santos-Filho B.G., Costa R.C.L., Cruz F.J.R., Neves H.K.B., and Lopes M.J.S. 2008. Physiological and biochemical behavior in soybean (*Glycine max* cv. Sambaiba) plants under water deficit. Australian Journal Crop Science 2(1): 25-32.
28. Mohawesh O. 2016. Utilizing deficit irrigation to enhance growth performance and water-use efficiency of eggplant in arid environmentsournal of Agricultural Science and Technology 18: 265-276.
29. Pakyurek A.Y., Abak K., Sari N., and Guler H.Y. 2007. Influence of mulching on earliness and yield of some vegetables grown under high AL-Bayati tunnels. Acta Horticultural 104: 81-90. https://doi:10.1016/B978-0-08-102170-5.00003-8.
30. Pask A.J.D., Pietragalla J., Mullan D.M., and Reynolds M.P. 2012. Physiological breeding II: a field guide to wheat phenotyping. Cimmyt.
31. Porra R.J., Thompson W.A., and Kriedemann P.E. 1989. Determination of accurate extinction coefficients and simultaneous equations for assaying chlorophylls a and b extracted with four different solvents: verification of the concentration of chlorophyll standards by atomic absorption spectroscopy. Biochimica et Biophysica Acta 975: 384–394. https://doi.org/10.1016/S0005-2728(89)80347-0.
32. Qu X., Wang H., Chen M., Liao J., Yuan J., and Niu G. 2019. Drought stress–induced physiological and metabolic changes in leaves of two oil tea cultivars. Journal of the American Society for Horticultural Science 144(6): 439-447. https://doi.org/10.21273/JASHS04775-19.
33. Serhat A.Y.A.S. 2017. The Effects of irrigation regimes on the yield and water use of eggplant (*Solanum melongena* L.). Toprak Su Dergisi 6(2): 49-58. https://doi:10.21657/topraksu.339835.
34. Tani E., Kizis D., Markellou E., Papadakis I., Tsamadia D., Leventis G., and Karapanos I. 2018. Cultivar-dependent responses of eggplant (*Solanum melongena* L.) to simultaneous *Verticillium dahliae* infection and drought. Frontiers in Plant Science 9: 1181. https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01181.
35. Tezara W., Mitchell V., Driscoll S., and Lawlor D. 2002. Effects of water deficit and its interaction with CO2 supply on the biochemistry and physiology of photosynthesis in sunflower. Journal of Experimental Botany 53: 1781-1791. https://doi.org/10.1093/jxb/erf021.
36. Vitkauskaite G., and Venskaityte L. 2011. Differences between C3 (*Hordeum vulgare* L.) and C4 (*Panicum miliaceum* L.) plants with respect to their resistance to water deficit. Agriculture 98(4): 349-356.
37. Wang F.X., Wua X.X., Clinton C., Shockb L.Y., Chua X.X., and Gua X.X. 2011. Effects of drip irrigation regimes on potato tuber yield and quality under plastic mulch in arid Northwestern China. Field Crops Research 122: 78–84. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2011.02.009.
38. Xoconstle- Cazares B., Ramirez-Ortega F.A., Flores-Lenez L., and Ruiz-Medrano R. 2010. Drought tolerance in crop plants. American Journal of Plant Physiology 5(5): 214-256.
39. Yan F., Sun Y., Xu H., Yin Y., Wang H., Wang C., and Ma J. 2018. Effects of wheat straw mulch application and nitrogen management on rice root growth, dry matter accumulation and rice quality in soils of different fertility. Paddy and Water Environment 16(3): 507-518.
40. Yang Y., Liu X., Li W., and Li C. 2006. Effect of different mulch materials on winter wheat production in desalinized soil in Heilongjiang region of North China. Journal of Zhejiang University Science 711: 858-867. https://doi: 10.1631/jzus.2006.B0858.
41. Zulu N.S. 2009. Wild watermelon (*Citrullus lanatus* L.) landrace production in response to three seedling growth media and field planting dates. M.Sc. Thesis. Faculty of Agriculture, KwaZulu-Nata University, Pietermaritzbu.